

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: 2007223018

UDC _____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

10 万吨/年甲醇 DCS 控制系统研制与实现

DCS research and realization of
100,000 tons methyl alcohol annually

林 辉

指导教师姓名: 彭侠夫 教 授

阮学斌 教 授

专 业 名 称: 控 制 工 程

论文提交日期: 2010 年 10 月

论文答辩时间: 2010 年 11 月

学位授予日期: 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010年 10 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人：

年 月 日

摘 要

DCS 控制系统 (Distributed Control System, 分散控制系统) 是随着现代大型工业生产自动化的不断兴起和过程控制要求的日益复杂应运而生的综合控制系统。它是计算机技术、系统控制技术、网络通讯技术和多媒体技术相结合的产物, 可提供窗口友好的人机界面和强大的通讯功能, 是完成过程控制、过程管理的现代化设备, 具有广阔的应用前景。

本文首先对 DCS 控制系统的定义, 及 DCS 的主要功能和控制系统的主要技术做了阐述, 并运用公司所承接的为 10 万吨/年甲醇 DCS 控制系统, 选用美国 Honeywell 公司的 PKS 做为 DCS 控制系统的硬件平台进行组态研发。

其次在熟悉了甲醇控制工艺基础上, 结合 Honeywell Process knowledge System R210 在使用的软硬件都做了详细的研究, 并制定出控制系统实现方案及根据控制系统方案基础上, 做了系统软硬件配置设计以满足控制系统的需求。

对于 PKS R210 系统中硬件特点, 阐述了实现甲醇工艺控制的研究方法, 该方法主要利用 CM 功能块, 大量采用串级控制和负责控制方案, 让常规锅炉燃烧系统, 汽水系统相互关联耦合性, 过程非线性和大滞后等问题得到解决, 从而突破常规的自控方案及自控装置难以达到的控制效果。

最后本文按照控制系统设计的硬件和软件要求展开了系统设计与实现, 在硬件方面分析和设计了系统的主控系统, 由于该系统的庞大, 耗时时间 8 个月完成, 本人在其中主要完成了画面组态, 及下位机顺控程序研发, 对甲醇工艺控制系统程序中, 最为复杂的变压吸附提氢程序及变压吸附脱碳程序的研发与调试工作, 并自行“研制变压吸附切塔法”, 利用 CM 控制功能块占用内存少这一特点, 合理的与 SCM 顺控程序相结合, 并在 CM 控制功能块中通过自行研制“切塔公式”完成切塔, 满足工艺要求, 达到缺塔与全塔之间灵活切换, 大大降低了内存占有率和 CPU 使用率。

该项目中 DCS 的成功运用, 为国内化工甲醇行业中增加了亮点。

关键词: DCS 控制系统; PKS 系统; 变压吸附提氢; 变压吸附脱碳; 甲醇

Abstract

DCS (Distributed Control System) is a comprehensive control system, which derives from growing development of large industrial production automation and increasing complexity of process control demand. It is the integrated result of computer technology, the system of control techniques, internet communication technologies and multimedia technology, providing friendly man-machine interface and powerful communication function. It is a kind of modern equipment, being able to complete process control and management, with a wide application prospect.

At first, the meaning of DCS was defined and its main functions and techniques were elaborated in this paper. Applying PKS as DCS hardware platform for development, configuration research were proceeded on the DCS of 100, 000 million tons methyl alcohol production yearly. PKS comes from America honeywell company control system.

Secondly, basing on the familiarity with methyl alcohol control technology, the application software and hardware of Honeywell Process knowledge System R210 were detailedly studied, and a solution of control system implementation was worked out. The configuration of system software and hardware was designed according to the solution, to meet the demand of control system.

For the hardware characteristics of PKS R210 system in hardware, a research method of implementation of methyl alcohol process control was illustrated. CM function units were mostly used for the method, as well as cascade controls and answering controls, which interconnected and coupled the regular boil burning system and steam system. Consequently, the problem of process nonlinear and the lag of waiting were settled, breaking through regular control system and achieving inaccessible control effect.

Finally, system design and implementation were worked out according to the demand of hardware and software of control system. The master control system was analysed and designed in the aspect of hardware. As the system is extremely

complex, which needs 8 months to complete. My work is just completing the configuration of window, and developing procedures of hypogyny sequence. My work also included studying and debugging the most complex process of PSA for H₂ production and CO₂ removal in methyl alcohol process control system. A method of column switch for PSA was developed, with the characteristic of small memory of CM control function, the method interconnected with SCM sequence process, and completed switch task according self-developing column switch formula in the CM control function units. It met the process demand, achieving the goal of free switch between columns, and reduced the memory occupancy and the CPU utilization ratio.

The successful application of DCS in the project increased a lightspot in the chemical methyl alcohol industry.

Keyword: DCS; PKS System; PSA for H₂; PSA for CO₂; Carbinol

目 录

第一章 绪论	1
1.1 DCS 控制系统定义.....	1
1.2 DCS 控制系统的主要功能	1
1.3 系统的主要技术概述.....	2
第二章 项目简介与甲醇工艺介绍.....	4
2.1 项目简介	4
2.2 甲醇工艺介绍	4
第三章 DCS 控制系统方案设计.....	10
3.1 Honeywell 控制系统介绍	10
3.2 系统总体方案设计.....	14
3.3 系统设备组成	30
第四章 甲醇工艺控制系统时序控制图	31
4.1 甲醇工艺-变压吸附脱碳.....	31
4.2 甲醇工艺-变压吸附提氢.....	32
4.2.1 提氢装置 6-2-3/V 运行时序表.....	32
4.2.2 提氢装置 5-2-2/V 运行时序表.....	33
4.2.3 提氢装置 4-1-2/V 运行时序表.....	34
4.3 甲醇工艺-造气时序图.....	35
4.3.1 合成氨开程序时序图.....	35
4.3.2 合成氨停程序时序图.....	36
4.3.3 制惰程序时序图	37
第五章 DCS 控制系统工艺研制与实现	38
5.1 变压吸附脱碳研制与实现	38
5.2 变压吸附提氢研制与实现	40
5.3 造气控制研制与实现.....	51
5.4 合成工艺研制与实现.....	54
5.5 流化床锅炉研制与实现.....	56

第六章 总结与展望	58
参考文献.....	60
致 谢.....	61

厦门大学博硕士论文摘要库

Chapter 1 Instruction	1
1.1 Define of DCS	1
1.2 Major functions of DCS	1
1.3 Major technologies of DCS	2
Chapter 2 Project profile and methyl alcohol process instruction	4
2.1 Project profile	4
2.2 Methyl alcohol process instruction	4
Chapter 3 Design of DCS	10
3.1 Honeywell control system introduction	10
3.2 Overall design	14
3.3 System device consist	29
Chapter 4 The calendar control diagram of methyl alcohol process control system	31
4.1 PSA for CO2 removal	31
4.2 PSA for H2 production	32
4.2.1 6-2-3/V calendar list	32
4.2.2 5-2-2/V calendar list	33
4.2.3 4-1-2/V calendar list	34
4.3 methanol process- sequence chart of gas synthesis	35
4.3.1 opening sequence chart of ammonia synthesis	35
4.3.2 stopping sequence chart of ammonia synthesis	36
4.3.3 sequence chart of inert gas synthesis	37
Chapter 5 Process development and implementation of DCS	38
5.1 Research and realization of PSA for CO2 removal	38
5.2 Research and realization of PSA for H2 production	40
5.3 Research and realization of gas production	51
5.4 Research and realization of synthesis process	54
5.5 Research and realization of fluidized bed boiler	56

Chapter 6 Conclusion and prospect	58
Reference	60
Acknowledgement	61

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

DCS 控制系统 (DIstributed Control System, 分散控制系统) 是随着现代大型工业生产自动化的不断兴起和过程控制要求的日益复杂应运而生的综合控制系统。它是计算机技术、系统控制技术、网络通讯技术和多媒体技术相结合的产物, 可提供窗口友好的人机界面和强大的通讯功能, 是完成过程控制、过程管理的现代化设备, 具有广阔的应用前景。

1.1 DCS 控制系统定义

DCS 系统是一种以微处理器为基础的分散型综合控制系统, 它综合了计算机、网络通讯、自动控制及自诊断等先进技术, 适应现代化生产控制和管理的需求。DCS 系统的投入使用, 可保证生产设备的平稳运行, 减少人为因素造成的工艺故障, 降低了能源消耗、设备维护运行费用和工人劳动强度, 使设备管理达到一个新的水平。其中, 中央控制室工程师站完成软件组态及对各站数据库、报表、图形、历史库的下装, 控制站操作控制计算机完成现场信号采集及控制功能。控制站操作员完成现场监视, 包括报警、工艺流程显示, 控制操作参数修改, 报警打印, 趋势显示、统计等功能。

1.2 DCS 控制系统的主要功能

1.2.1 系统网络功能

DCS 的骨架——系统网络, 它是 DCS 的基础和核心。由于网络对于 DCS 整个系统的实时性、可靠性和扩充性, 起着决定性的作用, 因此各厂家都在这方面进行了精心的设计。对于 DCS 的系统网络来说, 它必须满足实时性的要求, 即在确定的时间限度内完成信息的传送。这里所说的“确定”的时间限度, 是指在无论何种情况下, 信息传送都能在这个时间限度内完成, 而这个时间限度则是根据被控制过程的实时性要求确定的。因此, 衡量系统网络性能的指标并不是网络的速率, 即通常所说的每秒比特数 (bps), 而是系统网络的实时性, 即能在多长的时间内确保所需信息的传输完成。系统网络还必须非常可靠, 无论在任何情况下,

网络通信都不能中断，因此多数厂家的 DCS 均采用双总线、环形或双重星形的网络拓扑结构。为了满足系统扩充性的要求，系统网络上可接入的最大节点数量应比实际使用的节点数量大若干倍。这样，一方面可以随时增加新的节点，另一方面也可以使系统网络运行于较轻的通信负荷状态，以确保系统的实时性和可靠性。在系统实际运行过程中，各个节点的上网和下网是随时可能发生的，特别是操作员站，这样，网络重构会经常进行，而这种操作绝对不能影响系统的正常运行，因此，系统网络应该具有很强在线网络重构功能。

1.2.2 数据采集功能

这是一种完全对现场 I/O 处理并实现直接数字控制 (DCS) 功能的网络节点。一般一套 DCS 中要设置现场 I/O 控制站，用以分担整个系统的 I/O 和控制功能。这样既可以避免由于一个站点失效造成整个系统的失效，提高系统可靠性，也可以使各站点分担数据采集和控制功能，有利于提高整个系统的性能。DCS 的操作员站是处理一切与运行操作有关的人机界面 (HMI-Human Machine Interface 或 operator interface) 功能的网络节点。

1.2.3 系统组态功能

系统网络是 DCS 的工程师站，它是对 DCS 进行离线的配置、组态工作和在线的系统监督、控制、维护的网络节点，其主要功能是提供对 DCS 进行组态，配置工作的工具软件 (即组态软件)，并在 DCS 在线运行时实时地监视 DCS 网络上各个节点的运行情况，使系统工程师可以通过工程师站及时调整系统配置及一些系统参数的设定，使 DCS 随时处在最佳的工作状态之下。与集中式控制系统不同，所有的 DCS 都要求有系统组态功能，可以说，没有系统组态功能的系统就不能称其为 DCS。

1.3 系统的主要技术概述

(1) 系统主要有现场控制站 (I/O 站)、数据通讯系统、人机接口单元 (操作员站 OPS、工程师站 ENS)、机柜、电源等组成。系统具备开放的体系结构，可以提供多层开放数据接口。

(2) 硬件系统在恶劣的工业现场具有高度的可靠性、维修方便、工艺先进。

底层汉化的软件平台具备强大的处理功能，并提供方便的组态复杂控制系统的能力与用户自主开发专用高级控制算法的支持能力；易于组态，易于使用。支持多种现场总线标准以便适应未来的扩充需要。

(3) 系统的设计采用合适的冗余配置和诊断至模件级的自诊断功能，具有高度的可靠性。系统内任一组件发生故障，均不会影响整个系统的工作。

(4) 系统的参数、报警、自诊断及其他管理功能高度集中在 CRT 上显示和在打印机上打印，控制系统在功能和物理上真正分散。

(5) 整个系统的可利用率至少为 99.9%；系统平均无故障时间为 10 万小时，实现了核电、火电、热电、石化、化工、冶金、建材诸多领域的完整监控。

(6) “域”的概念。把大型控制系统用高速实时冗余网络分成若干相对独立的分系统，一个分系统构成一个域，各域共享管理和操作数据，而每个域内又是一个功能完整的 DCS 系统，以便更好的满足用户的使用。

(7) 网络结构可靠性、开放性及先进性。在系统操作层，采用冗余的 100Mbps 以太网；在控制层，采用冗余的 100Mbps 工业以太网，保证系统的可靠性；在现场信号处理层，12Mbps 的 PROFIBUS 总线连接中央控制单元和各现场信号处理模块。

(8) 标准 Client/Server 结构。MACS 系统的操作层采用 Client/Server 结构。

(9) 开放并且可靠的操作系统。系统的操作层采用 WINDOWS NT 操作系统；控制站采用成熟的嵌入式实时多任务操作系统 QNS 以确保控制系统的实时性、安全性和可靠性。

(10) 标准的控制组态软件。可以实现任何监测、控制要求。
可扩展性和可裁剪性。保证经济性。

第二章 项目简介与甲醇工艺介绍

2.1 项目简介

中俄合资山东红日阿康公司是世界著名复合肥生产企业——俄罗斯阿康公司并购山东红日化工股份有限公司成立的合资企业，是全国最大的硫基复合肥生产基地之一。去年年初，为进一步优化产品结构，培育新的利润增长点，山东红日阿康公司决定上马 10 万吨甲醇生产线。该项目总投资 4 亿元，经过 8 个月的紧张建设，现已顺利投入生产，产品质量完全达到国家质量标准。对于曾所在公司承接了其中的 DCS 控制系统，选用美国 Honeywell 公司的 PKS 做为 DCS 控制系统的硬件平台。

2.2 甲醇工艺介绍

甲醇生产工艺有两种，即煤气化工艺和天然气制甲醇工艺。欧美国家主要采用天然气为原料生产甲醇，该工艺具备投资低、无污染的优点，且无需过多考虑副产物销路。但我国缺少廉价的天然气资源，而煤储量相对丰富，所以大部分甲醇产能来自煤气化工艺。如图 2.1 所示。

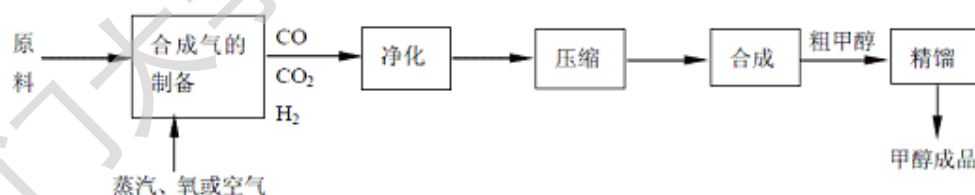


图 2.1 甲醇生产流程示意图

甲醇工艺流程，主要通过（1）造气工序（2）脱硫工序（3）压缩工序（4）变换脱硫工序（5）变压吸附脱碳工序（6）合成工序（7）精馏工序（8）罐区（9）变压吸附提氢工序（10）流化床锅炉 以上几个工艺组成，最终生成甲醇成品。

2.2.1 造气工序工艺原理及工艺流程特点

造气中使用无烟块煤为原料，采用空气常压固定床间歇气化法生产甲醇原

料气。这一传统气化工工艺投资省、建设周期短、技术成熟，项目生产能力为年 10 万吨甲醇，其主要生产方法和特点如下：

1. 气化炉采用 $\phi 2610\text{mm}$ 固定层间歇式气化炉 10 台，每两台气化炉的夹套锅炉配一台汽包。皮带机械上煤，加煤采用自动加煤机，利用 DCS 控制的液压传动机构使原料煤自动、均匀地加入气化炉内。降低工人的劳动强度，提高制气时间、降低原料煤的消耗。

2. 空气鼓风机负责向气化炉提供吹风和空气吹净等阶段所需的空气。空气鼓风机三台，二开一备，通过 2 条总管分别向 2 组气化炉供气。

3. 气化炉为单系统操作，煤气显热回收按照 5 台气化炉共用一台热管锅炉配置，副产低压饱和蒸汽。

4. 工艺中采用过热蒸汽制气可提高蒸汽分解率，降低消耗；吹风气集中送三废锅炉回收余热，副产蒸汽。合格的原料块煤由输煤皮带送至各炉料仓，由自动加煤机加入气化炉，进行气化反应，加煤在下吹阶段完成。气化过程包括：吹风、蒸汽吹净、上吹制气、下吹制气、二次蒸汽上吹和空气吹净这样循环的六个阶段。

各气化炉间歇送来的水煤气经过气柜缓冲，连续送出至脱硫工序。

2.2.2 脱硫工序

焦油、灰尘和硫是甲醇生产中的有害物质，在脱硫工艺中需要脱除。在水煤气中硫元素主要硫化氢的形式存在，约占总硫的 90%，其它为有机硫。

气柜来的水煤气先经过进口水封进入静电除尘器，除去灰尘和焦油，再经过出口水封由罗茨风机增压到 0.15MPa，进入水煤气脱硫塔，脱出大部分硫化氢，出塔气体 $\text{H}_2\text{S} \leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ，去压缩工序。

吸收硫化氢的栲胶溶液经过富液槽，由再生泵送入喷射再生槽自吸空气再生，再生后的贫液经过贫液槽、脱硫泵、进脱硫塔循环吸收。

再生槽溶液与空气反应，硫元素被氧化成单质硫，随空气浮选出来，形成硫泡沫，从再生槽溢流出来进入泡沫槽。由泵送入连续熔硫釜，硫呈熔融状态被分离，铸模冷却成块状硫磺产品，清液回再生槽。

2.2.3 压缩工序

压缩工序是由制气工序送来的水煤气温度 $\leq 40^\circ\text{C}$ ， H_2S 含量 $\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 经水分离器后进入原料气压缩机一级入口，气体经二级加压至 0.9MPa(A)后送至变

换工序。

气体经变换、脱碳、精脱硫等工序后，精制合格的新鲜气返回原料气压缩机三级入口，再经压缩压力提高至 5.5MPa 后送往甲醇合成工序。

经每级压缩后的气体都经过缓冲、冷却和油分离器等过程，压缩机配有盘车装置和油压降低报警装置，同时还设有稀油站，供压缩机部件润滑用，原料气压缩机二、三、四级进口采用无油润滑技术，以减少对甲醇合成气的污染，保护甲醇触媒，延长其使用寿命。

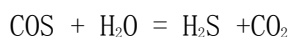
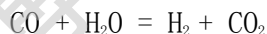
甲醇合成循环机流程为：甲醇合成工序甲醇分离器顶部的循环气体，温度为 40℃，压力为 4.9MPa(A)，经缓冲滤油器后去循环压缩机压缩，压力提高至 5.4MPa 后与压缩工序来的新鲜合成气混合后送往合成反应器合成甲醇。

循环压缩机气缸采用无油润滑装置。

2.2.4 变换脱硫工序

变换脱硫工序分为变换和脱硫两种工序

变换：在一定的温度下，水煤气中的 CO 与水蒸汽在催化剂作用下发生变换反应，生成 H₂ 和 CO₂，同时约 90% 的 COS 也转化为 H₂S，其化学反应如下：



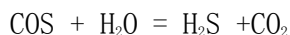
其它除噻吩外的有机物如 CS₂、RSH 等也起类似的转化反应。

为了满足合成甲醇的要求，必须控制 CO 的变换率，以便维持甲醇合成新鲜气中， $(\text{H}_2 - \text{CO}_2) / (\text{CO} + \text{CO}_2) = 2.05 \sim 2.15$

脱硫：变换气中的 CS₂、噻吩在高温有机硫转化剂的作用下发生转化，生成 H₂S，其化学反应如下：



变换后仍有少量的 COS，进一步在高温有机硫水解剂的作用下发生水解反应，其化学反应如下：



经过上述反应后，变换气中仍含有 ~220mg/Nm³ 的 H₂S，采用湿法脱硫工艺，

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库